



Pemodelan dan Prediksi Kunjungan Pasien di Puskesmas Menggunakan Hidden Markov Model

<u>INFO PENPULIS</u>	<u>INFO ARTIKEL</u>
Ferdiansyah Universitas Muhammadiyah Makassar 105841100422@student.unismuh.ac.id	ISSN: 3026-3603 Vol. 4, No. 1 April 2026 http://jurnal.ardenjaya.com/index.php/ajst
Muhammad Faisal Universitas Muhammadiyah Makassar muhfaisal@unismuh.ac.id	
Fahrim Irhamna Rachman Universitas Muhammadiyah Makassar fachrim141020@unismuh.ac.id	
Titin Wahyuni Universitas Muhammadiyah Makassar titinwahyuni@unismuh.ac.id	

© 2026 Arden Jaya Publisher All rights reserved

Saran Penulisan Referensi:

Ferdiansyah, Faisal, M., & Rachman, F. I. (2026). Pemodelan dan Prediksi Kunjungan Pasien di Puskesmas Menggunakan Hidden Markov Model. *Arus Jurnal Sains dan Teknologi*, 4 (1), 81-87.

Abstrak

Penelitian ini menganalisis pola fluktuatif kunjungan pasien hipertensi di Puskesmas Kota Makassar tahun 2024 menggunakan pendekatan Hidden Markov Model (HMM) untuk mendukung perencanaan layanan kesehatan. Dengan menerapkan tiga state tersembunyi (rendah, normal, tinggi) serta distribusi Negative Binomial dan Poisson, model ini mampu menangkap dinamika perubahan rezim (regime switching) pada data yang mengalami over-dispersion. Hasil evaluasi menunjukkan tingkat akurasi yang sangat tinggi dengan nilai MAPE sebesar 0,88%, mengungguli metode Seasonal Naïve. Prediksi untuk Januari 2025 memperkirakan kunjungan sebanyak 22.988 pasien dengan probabilitas tertinggi pada kondisi normal. Dengan demikian, HMM terbukti efektif sebagai instrumen pengambilan keputusan strategis dalam pengelolaan sumber daya kesehatan di tingkat Puskesmas.

Kata Kunci: Hidden Markov Model, Hipertensi, Kunjungan Pasien, Time Series, Prediksi.

Abstract

This study analyzes the fluctuating patterns of hypertension patient visits at Makassar City Community Health Centers (Puskesmas) in 2024 using a Hidden Markov Model (HMM) approach to support healthcare planning. By implementing three hidden states (low, normal, high) and Negative Binomial and Poisson distributions, this model is able to capture the dynamics of regime switching in over-dispersive data. Evaluation results demonstrate a very high level of accuracy with a MAPE value of 0.88%, outperforming the Naïve Seasonal method. The prediction for January 2025 predicts 22,988 patient visits with the highest probability under normal conditions. Thus, the HMM has proven effective as a strategic decision-making tool in managing healthcare resources at the Community Health Center level.

Keywords: Hidden Markov Model, Hypertension, Patient Visits, Time Series, Prediction.

A. Pendahuluan

Hipertensi merupakan penyakit tidak menular dengan prevalensi tinggi yang memerlukan pemantauan jangka panjang. Kondisi ini menyebabkan pola kunjungan pasien di Puskesmas bersifat fluktuatif dan sulit diprediksi. Ketidakpastian jumlah kunjungan berdampak pada perencanaan sumber daya, pengelolaan obat, serta efektivitas pelayanan kesehatan (Yasli et al., 2024).

Sebagai fasilitas pelayanan kesehatan tingkat pertama, Puskesmas memiliki peran penting dalam pengendalian hipertensi melalui pelayanan promotif, preventif, kuratif, dan rehabilitatif. Namun, salah satu tantangan utama adalah ketidakpastian jumlah kunjungan pasien yang dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti kepatuhan pasien, kondisi klinis, serta faktor sosial dan temporal (Rose et al., 2023).

Berbagai metode peramalan seperti exponential smoothing dan ARIMA telah digunakan untuk memprediksi jumlah kunjungan pasien berdasarkan data historis. Metode tersebut mampu menangkap pola tren, namun umumnya hanya menggunakan data observasi tanpa mempertimbangkan faktor laten yang memengaruhi perubahan jumlah kunjungan pasien (Mauren et al., 2024).

Padahal, dalam sistem pelayanan kesehatan, perubahan pola kunjungan pasien sering dipengaruhi oleh kondisi tersembunyi (latent factors), seperti stabilitas kesehatan pasien dan dinamika pelayanan yang tidak dapat diamati secara langsung. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang mampu memodelkan kondisi laten tersebut.

Hidden Markov Model (HMM) merupakan model probabilistik yang dapat digunakan untuk memodelkan sistem dinamis dengan keadaan tersembunyi (hidden states). Model ini mampu menangkap perubahan rezim (regime switching) dalam data deret waktu sehingga lebih representatif dalam menggambarkan fenomena yang kompleks (Gámiz et al., 2023).

Selain itu, penerapan HMM dalam berbagai penelitian menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam memprediksi dinamika temporal pada sistem dengan tingkat ketidakpastian tinggi, termasuk dalam bidang kesehatan (Alfalah et al., 2023). Pendekatan ini juga dinilai mampu mendukung pengambilan keputusan berbasis data dalam perencanaan layanan kesehatan (Mejía, 2024).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk:

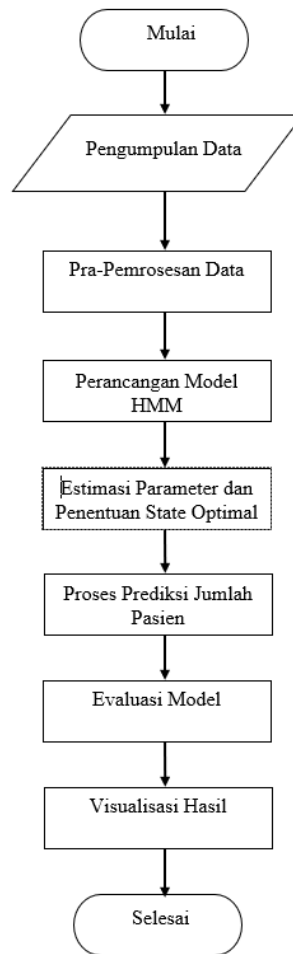
1. Menganalisis karakteristik pola deret waktu kunjungan pasien hipertensi di Puskesmas
2. Membangun model prediksi menggunakan Hidden Markov Model (HMM)

B. Metodologi

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis deret waktu (time series) untuk memodelkan dan memprediksi jumlah kunjungan pasien hipertensi di Puskesmas menggunakan Hidden Markov Model (HMM).

Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa jumlah kunjungan pasien hipertensi di seluruh Puskesmas Kota Makassar selama periode Januari hingga Desember 2024 dalam bentuk deret waktu bulanan. Variabel observasi dalam penelitian ini adalah jumlah total pasien hipertensi yang diperoleh dari penjumlahan pasien laki-laki dan perempuan pada setiap periode waktu.

Tujuan utama dari perancangan sistem ini adalah menghasilkan alur kerja penelitian yang terstruktur, efisien, dan dapat diimplementasikan secara komputasional, mulai dari pengumpulan data hingga penyajian hasil prediksi dan interpretasi keadaan laten. Ilustrasi tahapan perancangan sistem prediksi kunjungan pasien hipertensi menggunakan HMM.



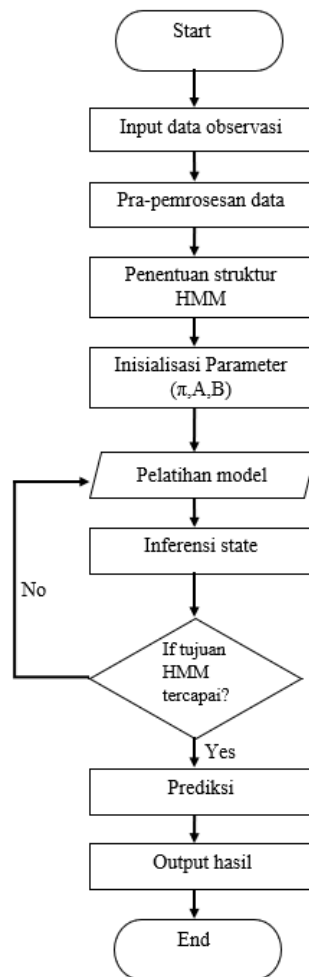
Gambar 1. Tahapan Perancangan Sistem

Penelitian dilakukan di Puskesmas wilayah Kota Makassar selama 3 bulan (Desember 2025 – Maret 2026). Variabel utama adalah jumlah total pasien ($y_{j,t}$), hasil penjumlahan pasien laki-laki ($L_{j,t}$) dan perempuan ($P_{j,t}$):

$$y_{j,t} = L_{j,t} + P_{j,t}$$

Teknik pengujian sistem bertujuan untuk mengevaluasi sejauh mana model Hidden Markov Model (HMM) yang dibangun mampu menghasilkan prediksi jumlah kunjungan pasien hipertensi yang akurat, stabil, dan dapat diandalkan. Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa model tidak hanya sesuai secara statistik, tetapi juga layak digunakan dalam konteks perencanaan layanan kesehatan. Teknik pengujian sistem dalam penelitian ini mencakup beberapa aspek utama

Secara umum, penerapan model Hidden Markov Model (HMM) dapat dilihat pada flowchart gambar 3 berikut:



Gambar 2. Flowchart Hidden Markov Model (HMM)

Teknik analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara sistematis untuk mengolah, menginterpretasikan, dan mengevaluasi hasil pemodelan Hidden Markov Model (HMM). Tahapan analisis dibagi menjadi tiga bagian utama sebagai berikut:

1. Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan karakteristik umum data kunjungan pasien hipertensi. Proses ini mencakup perhitungan statistik dasar seperti nilai minimum, maksimum, rata-rata, dan standar deviasi. Visualisasi data dilakukan menggunakan grafik deret waktu (time series plot) untuk mengidentifikasi tren, fluktuasi periodik, serta perubahan pola kunjungan antar periode. Analisis ini berfungsi sebagai landasan pemahaman dinamika data sebelum tahap pemodelan dilakukan.

2. Evaluasi Akurasi Model

Untuk mengukur tingkat ketepatan prediksi yang dihasilkan oleh HMM, dilakukan evaluasi kinerja menggunakan empat metrik utama:

- Mean Absolute Error (MAE): Mengukur rata-rata kesalahan absolut antara nilai aktual dan prediksi.
- Root Mean Squared Error (RMSE): Mengukur akar kuadrat dari rata-rata kuadrat selisih antara nilai aktual dan prediksi, memberikan penalti lebih besar pada kesalahan yang signifikan.
- Mean Absolute Percentage Error (MAPE): Mengukur kesalahan dalam bentuk persentase relatif untuk stabilitas terhadap nilai ekstrem.
- Perbandingan Model: Kinerja HMM dibandingkan dengan metode Seasonal Naïve sebagai benchmark untuk membuktikan efektivitas model yang diusulkan.

3. Validasi Model

Validasi dilakukan untuk menilai kemampuan generalisasi model pada data di luar sampel pelatihan. Penelitian ini menerapkan pemisahan data menjadi training set dan test set, serta menggunakan pendekatan rolling forecasting. Model dinyatakan valid dan layak digunakan sebagai alat bantu perencanaan layanan kesehatan jika memiliki tingkat kesalahan yang rendah serta stabil saat diuji dengan data riil yang belum pernah dilihat sebelumnya.

C. Hasil dan Pembahasan

Data di bawah ini menyajikan rekapitulasi total kunjungan pasien hipertensi di seluruh wilayah kerja Dinas Kesehatan Kota Makassar sepanjang tahun 2024. Berikut adalah rincian data total kunjungan seluruh Puskesmas per bulan :

Tabel 1. Data Total Kunjungan

No	Nama Puskesmas	Alamat	L	P	Jumlah Data
1	Andalas	Jl. Sangir Lr. 209 No. 6, Kel. Melayu, Kec. Wajo	761	1231	1992
2	Antang	Jl. Antang Raya No. 43, Kec. Manggala	3205	3848	7048
...
47	Toddopuli	Jl. Toddopuli Raya No. 96, Kec. Panakkukang	1787	2010	3797
Total Keseluruhan			273.452		

Pada tahap ini dilakukan penentuan state tersembunyi (hidden states) yang merepresentasikan kondisi jumlah kunjungan pasien.

Tabel 2. Urutan State

Bulan	Total	State
Jan	24.385	S3
Feb	23.373	S2
Mar	22.791	S2
Apr	21.826	S1
Mei	22.668	S2
Jun	22.887	S2
Jul	21.709	S1
Agu	22.817	S2
Sep	22.942	S2
Okt	24.336	S3
Nov	23.440	S2
Des	20.278	S1

Pada tahap ini dilakukan perhitungan matriks probabilitas transisi antar state. Matriks ini menunjukkan peluang perpindahan dari satu state ke state lainnya dalam satu periode waktu. Rumus:

$$A_{ab} = \frac{N_{ab}}{\sum_b N_{ab}}$$

Dari	Ke S1	Ke S2	Ke S3	Total
S1	0	2	0	2
S2	3	3	1	7
S3	0	2	0	2

Tabel 3. Rekapitulasi

Penelitian menggunakan data kunjungan pasien hipertensi di 47 Puskesmas Kota Makassar tahun 2024. Total kunjungan mencapai 273.452 pasien, dengan dominasi pasien perempuan sebesar 56,42% (154.276 pasien). Analisis deret waktu menunjukkan pola fluktuatif tanpa tren permanen dan adanya indikasi over-dispersion di mana varians (1.179.383) jauh melampaui rata-rata (22.788). Kondisi ini mendasari penggunaan Hidden Markov Model (HMM) dengan distribusi emisi spesifik.

Ditentukan tiga state tersembunyi: S1 (Rendah: <22.000), S2 (Normal: 22.000–23.500), dan S3 (Tinggi: >23.500). Berdasarkan urutan kunjungan bulanan, dihitung matriks probabilitas transisi (A):

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0,43 & 0,43 & 0,14 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Matriks tersebut menunjukkan bahwa state normal (S2) adalah kondisi paling stabil, dan jika sistem berada pada state tinggi (S3), periode berikutnya dipastikan kembali ke normal (S2).

Estimasi dilakukan menggunakan distribusi Negative Binomial (NB) untuk mengakomodasi over-dispersion pada S1 ($r=627,00$) dan S2 ($r=10,94$). Namun, pada S3 ditemukan varians $<$ mean, sehingga distribusi Poisson digunakan sebagai model emisi yang lebih sesuai.

Tabel 4. Estimasi Parameter Distribusi Emisi tiap State

State	Kategori	Maen	Parameter Dispensi	Distribusi
S1	Rendah	21.271	62,700	NB
S2	Normal	22.988	10,94	NB
S3	Tinggi	24.360	-	Passion

Prediksi untuk Januari 2025 dihitung menggunakan probabilitas transisi satu langkah ke depan. Karena Desember 2024 berada pada S1, maka peluang terbesar Januari 2025 adalah S2 ($P=0,43$). Menggunakan nilai ekspektasi, jumlah kunjungan diprediksi sebanyak 22.988 pasien.

Tabel 5. Perbandingan Akurasi Model

Model	MAE	RMSE	MAPE
<i>Hidden Markov Model</i>	178,58	618,63	0,88%
<i>Seasonal Naive</i>	956,92	1239,16	4,33%

Efektivitas model diuji dengan membandingkan HMM dan Seasonal Naïve. Hasil evaluasi (Tabel 2) menunjukkan HMM unggul signifikan di semua metrik.

Nilai MAPE sebesar 0,88% (di bawah 1%) mengindikasikan bahwa model HMM memiliki kemampuan prediksi yang sangat akurat dan layak digunakan sebagai instrumen pendukung keputusan manajemen kesehatan di Puskesmas.

D. Kesimpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa karakteristik kunjungan pasien hipertensi di Puskesmas Kota Makassar sepanjang tahun 2024 bersifat fluktuatif tanpa tren jangka panjang yang konsisten, namun memiliki pola perubahan kondisi (regime switching) yang jelas antara tingkat rendah, normal, dan tinggi. Hasil analisis statistik mengonfirmasi adanya indikasi over-dispersion, yang menuntut penggunaan distribusi Negative Binomial dan Poisson dalam kerangka Hidden Markov Model (HMM). Model HMM yang dibangun berhasil merepresentasikan dinamika sistem ke dalam tiga state tersembunyi, di mana state normal ditemukan sebagai kondisi paling stabil dengan probabilitas transisi tertinggi. Secara keseluruhan, HMM terbukti sangat efektif dengan tingkat akurasi prediksi yang sangat baik. Sebagai saran untuk pengembangan selanjutnya, penelitian diharapkan melakukan pemodelan pada masing-masing Puskesmas secara spesifik (unit analisis indeks j) untuk mendapatkan informasi yang lebih detail dibandingkan pemodelan agregat. Selain itu, penggunaan data dengan resolusi waktu yang lebih tinggi, seperti harian atau mingguan, sangat direkomendasikan agar pola fluktuasi kunjungan dapat ditangkap secara lebih mendalam.

E. Referensi

- Alamsyah, S. S., Maimunah, & Sukmasetya, P. (2024). Prediksi jumlah kedatangan pasien puskesmas menggunakan metode backpropagation artificial neural network. *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, 4(6), 2842–2849. <https://doi.org/10.30865/klik.v4i6.1922>
- Alfalah, B., Shahrestani, M., & Shao, L. (2023). Developing a hidden Markov model for occupancy prediction in high-density higher education buildings. *Journal of Building Engineering*, 73, 106795. <https://doi.org/10.1016/j.job.2023.106795>
- Amri, M. M. (2022). Studi banding implementasi metode hidden Markov model dalam pengenalan tulisan tangan. *Jurnal Genesis Indonesia (JGI)*, 1(1), 43–54. <https://doi.org/10.56741/jgi.v1i1.26>
- Aspriyani, R., & Istikaanah, N. (2023). Analisis time series untuk memprediksi jumlah penduduk miskin di Cilacap. *Delta-Pi: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*, 12(2).
- Azzahra, T. (2023). Pemodelan regresi hurdle Negative Binomial pada jumlah kasus difteri Jawa Barat tahun 2020. *Jurnal Riset Statistika*, 3(2), 125–130.
- Fiana, F. K., & Indarjo, S. (2024). Analisis faktor-faktor yang memengaruhi kejadian hipertensi. *HIGEIA Journal of Public Health Research and Development*, 8(1), 1–11.
- Gámiz, M. L., Limnios, N., & Segovia-García, M. C. (2023). Hidden Markov models in reliability and maintenance. *European Journal of Operational Research*, 304(3), 1242–1255.

- Irsalinda, N., Haswat, Sugiyarto, & Fitriawanawati, M. (2021). Hidden Markov model for sentiment analysis using Viterbi algorithm. *Eksakta*, 2(1), 18–23.
- Manggarai, A., Yahya, L., & Nuha, A. R. (2025). Prediksi jumlah calon mahasiswa baru menggunakan metode fuzzy time series dan ARIMA (Studi kasus: Program Studi Statistika). *Bilangan: Jurnal Ilmiah Matematika, Kebumihan dan Angkasa*, 3(5), 113–121. <https://doi.org/10.62383/bilangan.v3i5.829>
- Manongga, E. R. R., Nelwan, J. E., & Kaunang, W. P. J. (2024). Gambaran determinan hipertensi di Puskesmas Amurang Kabupaten Minahasa Selatan. *Indonesian Journal of Public Health and Community Medicine*, 5(4).
- Mauren, F., Nurmalasari, M., Hosizah, & Qomariana, W. Z. (2024). Peramalan kunjungan rawat jalan tahun 2023–2024 menggunakan exponential smoothing di RS Medika Permata Hijau. *INFOKES: Jurnal Ilmiah Rekam Medis dan Informatika Kesehatan*, 14(2), 74–78.
- Mejía, S. N. (2024). Hidden Markov models for early detection of cardiovascular diseases. *Ingeniería Solidaria*, 20(1).
- Mirtawati, & Sofiyat, A. I. (2024). Hidden Markov model dan aplikasinya. *Matematika Sains*, 2(1). <https://doi.org/10.34005/ms.v2i1.3803>
- Paramitha, F. A. (2025). Penerapan model time series dalam prediksi tren penyakit tidak menular. *Jurnal Kesehatan Tambusai*, 6(3).
- Rose, A. J., Abu Ahmad, W., Spolter, F., Khazen, M., Golan-Cohen, A., Vinker, S., Green, I., Israel, A., & Merzon, E. (2023). Patient-level predictors of temporal regularity of primary care visits. *BMC Health Services Research*, 23, 456. <https://doi.org/10.1186/s12913-023-09486-5>
- Rustam, M. Z. A., Amalia, N., & Riestiyowati, M. A. (2022). Analisis prediksi kunjungan pasien dengan metode autoregressive integrated moving average di RSIA Putri Surabaya. *Jurnal Manajemen Kesehatan*, 8(1), 110–123.
- Sabran, Azizah, S. N., & Rachmawati, E. (2024). Prediksi kunjungan pasien rawat jalan dengan metode analisis trend linear di RSUD Haji Provinsi Jawa Timur tahun 2023–2025. *Jurnal Manajemen dan Administrasi Rumah Sakit Indonesia (MARSRI)*, 8(1).
- Santoso, H., Hakim, L., Afiyati, A., & Jokonowo, B. (2025). Implementation of the random forest algorithm to predict rice needs in DKI Jakarta. *Telematika: Jurnal Informatika dan Teknologi Informasi*, 22(1), 20–29. <https://doi.org/10.31515/telematika.v22i2.12850>
- Yash, G., Damar, M., Özbıçakcı, Ş., Alıcı, S., & Pinto, A. D. (2024). Primary care research on hypertension: A bibliometric analysis using machine-learning. *Medicine*, 103(47), 1–1